

ANALISA PERANCANGAN RODA GIGI LURUS MENGUNAKAN MESIN KONVENSIONAL

Ir. Wisjnu P. Marsis, M. Eng¹, Didi Agung²

Lecture¹, College student², Departement of machine, Faculty of Engineering,
University Muhammadiyah Jakarta, Jalan Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat
10510, Tlp 021-4244016, 4256024, email : wpmarsis@yahoo.com

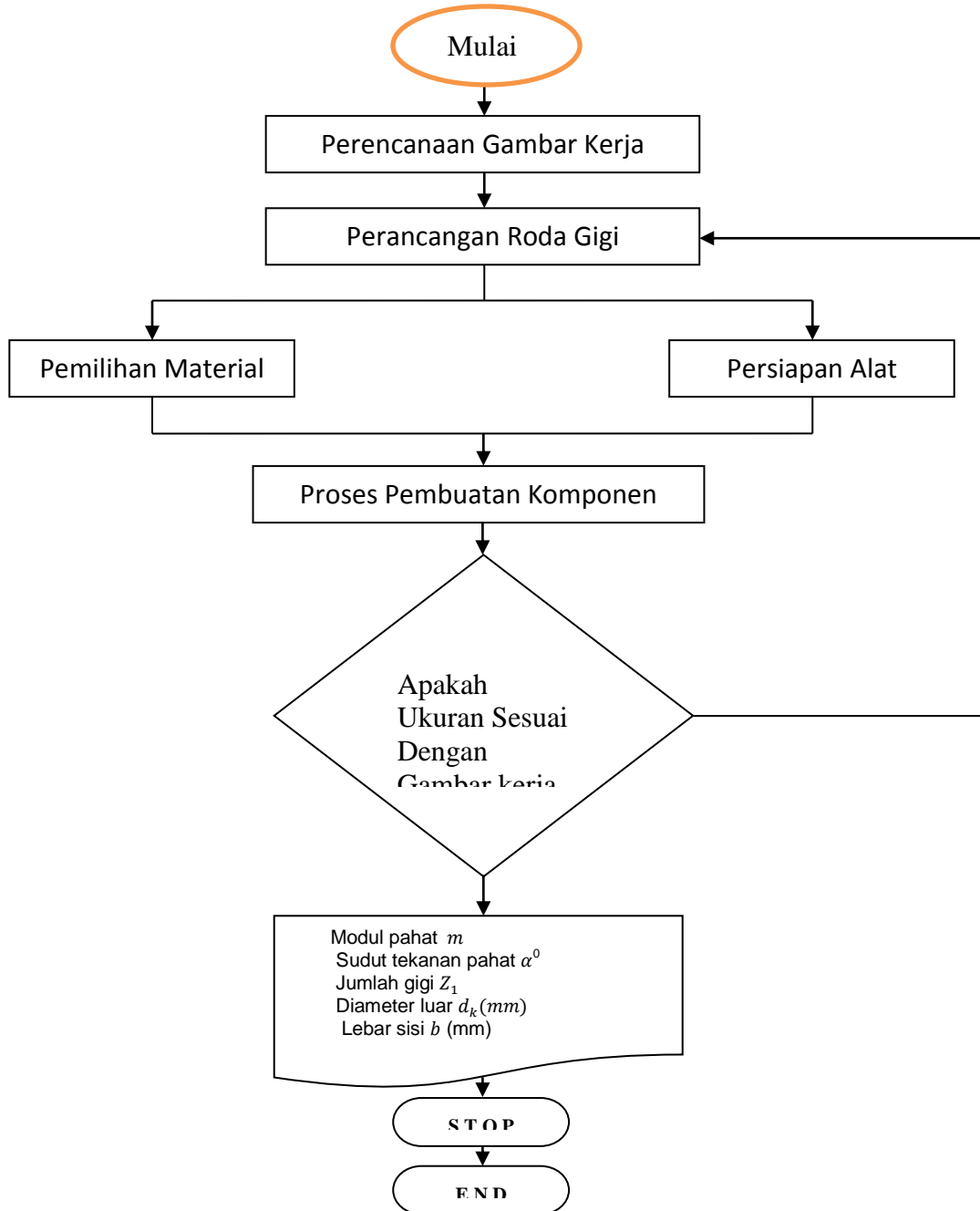
ABSTRAK

Dalam perancangan pembuatannya menggunakan mesin frais (milling) dengan roda gigi yang direncanakan sesuai tabel roda gigi pengganti adalah jumlah giginya Z_1 27 dan Z_2 50 dengan bahan St 42, modul pisau 1,5 serta perhitungan roda gigi menggunakan sistem modul dan pembuatan roda gigi menggunakan kepala pembagi (dividing head) pada mesin frais menggunakan sistem pembagian tidak langsung. Piring pembagi yang digunakan adalah piring pembagi seri B-2 yaitu dengan jumlah lubang 21-23-27-29-31-33. Hasil rancangan tersebut adalah roda gigi Z 27 kecepatan linearnya (v) = 2,1195 m/s, gaya tangensial F_t = 1226,176 N, beban lentur yang diijinkan $F'b_1$ = 76,7 N/mm², faktor dinamis f_v = 0,586, beban permukaan $F'H$ = 8,2 N/mm² dan Kekuatan tarik (σ_B) = 411,6 N/mm², tegangan lentur yang diizinkan (σ_a) = 250 N/mm². Roda gigi Z 50 kecepatan linearnya (v) = 3,925 m/s, gaya tangensial F_t = 662,1 N, beban lentur yang diijinkan $F'b_1$ = 66,25 N/mm², faktor dinamis f_v = 0,433, beban permukaan $F'H$ = 11,2 N/mm². Kekuatan tarik (σ_B) = 411,6 N/mm², tegangan lentur yang diizinkan (σ_a) = 250 N/mm². Kesimpulannya adalah roda gigi ini adalah roda gigi reduksi $u < 1$ dan $i > 1$. ratio transmisi atau angular velocity (i) = 1,852, perbandingan putaran (u) = 0,540, Tegangan geser yang terjadi antara roda gigi Z 27 dan Z 50 adalah τ = 30,9 N/mm². Momen puntir yang terjadi pada roda gigi Z 27 dan Z 50 adalah T = 24817,52 N.mm. Roda gigi ini konstruksinya lebih

1. PENDAHULUAN

Dalam suatu Perancangan alat yang diharapkan dapat lebih membantu dalam menghemat biaya produksi yang dibutuhkan. Untuk itu dirancang roda gigi lurus (*spur gear*) pengganti pada roda gigi transportir mesin bubut yang diharapkan fungsinya lebih baik dengan yang beredar dipasaran. Di pasaran terdapat beberapa jenis mesin bubut salah satunya mesin bubut type C 6127 A, roda gigi transportirnya mudah mengalami kerusakan berupa gigi patah, aus atau berlubang dan tergores permukaannya. Roda gigi lurus yang akan dibuat ini yaitu bahannya adalah St 42. Dalam pengamatan ini salah satu faktor yang sangat penting untuk dibuat adalah roda gigi lurus transportir maka dalam kesempatan ini penulis mencoba membuat sparepart sendiri, karena jarang dijual dipasaran.

2. DIAGRAM ALIR



3. METODE PENELITIAN

Metode perancangan pembuatan *roda gigi lurus* pada komponen roda gigi transportir ini menggunakan beberapa mesin atau alat bantu yang sesuai dengan bentuk dari komponen yang akan dibuat. Adapun mesin atau alat yang digunakan dalam proses pembuatan *roda gigi lurus* ini antara lain : mesin gergaji bolak-balik, mesin bubut, mesin frais, alat ukur (mistar baja, jangka sorong, *high gauge*), kikir dan alat bantu pembuatan.

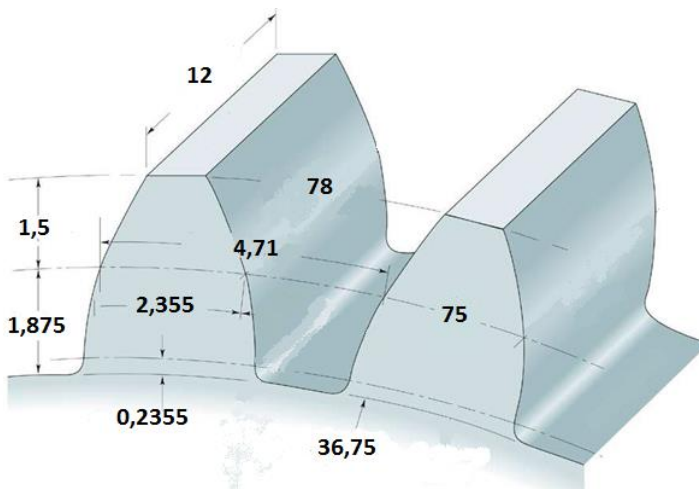
4. DATA HASIL PENELITIAN

A. Analisa dan Perhitungan Roda Gigi

1. Analisa perhitungan roda gigi Z 27

a. Kecepatan Linear roda gigi

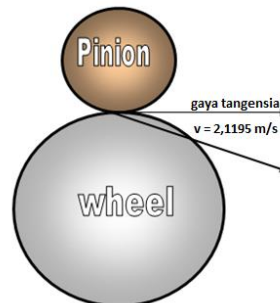
$$v : \text{Kecepatan Linear roda gigi (m/s)} \\ = \frac{\pi \times 40,5 \times 1000}{60 \times 1000}, v = \frac{127170}{60000}, v = 2,1195 \text{ m/s}$$



Gambar 4. 1. Ukuran roda gigi Z27

b..Gaya tangensial pada roda gigi

$$F_t = \frac{102 \times P_d}{v} \\ F_t = \frac{102 \times 2,6}{2,1195} = \frac{265,2}{2,1195} = 125,12 \text{ kg} = 125,12 \times 9,8 = 1226,176 \text{ N}$$



Gambar 4. 2. Gaya tangensial roda gigi Z 27

B. Beban lentur yang diijinkan persatuan lebar sisi

Maka beban lentur yang diijinkan :

$$F'_b = \sigma_a \cdot m \cdot y \cdot f_v \quad (N/mm)$$

$$F'_b = 250 \times 1,5 \times 0,349 \times 0,586 = 76,7 \text{ N/mm}^2$$

C. Faktor dinamis roda gigi

$$f_v = \frac{3}{3 + v} = \frac{3}{3 + 2,1195} = \frac{3}{5,1195} = 0,586$$

D. Beban permukaan yang diijinkan persatuan lebar gigi

$$F'H = f_v \times k_H \times d_1 \times \left(\frac{2 \times z_2}{z_1 + z_2} \right)$$

$$F'H = 0,586 \times 0,2646 \times 40,5 \times \left(\frac{2 \times 50}{27 + 50} \right)$$

$$F'H = 0,586 \times 0,2646 \times 40,5 \times \left(\frac{100}{77} \right)$$

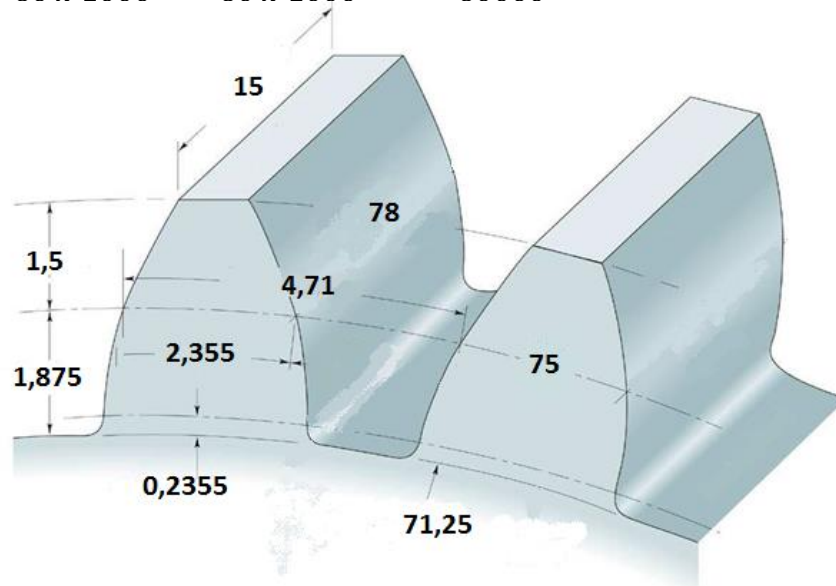
$$F'H = 0,586 \times 0,2646 \times 40,5 \times 1,30$$

$$F'H = 8,2 \text{ N/mm}^2$$

2. Analisa perhitungan roda gigi Z 50

a. Kecepatan Linear roda gigi

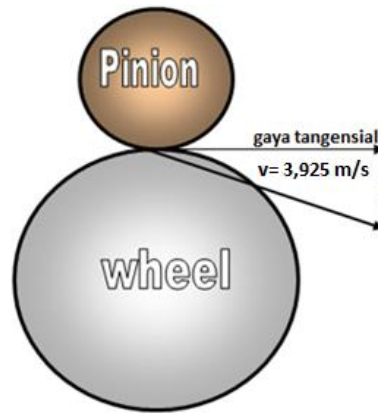
$$= \frac{\pi \times d \times n}{60 \times 1000} = \frac{\pi \times 75 \times 1000}{60 \times 1000} v = \frac{235500}{60000} v = 3,925 \text{ m/s}$$



Gambar 4. 3. Ukuran roda gigi Z 50

b. Gaya tangensial pada roda gigi

$$F_t = \frac{102 \times 2,6}{3,925} = \frac{265,2}{3,925} = 67,56 \text{ kg} \times 9,8 = 662,1 \text{ N}$$



Gambar 4. 4. Gaya tangensial roda gigi Z 50

c. Beban lentur yang diijinkan persatuan lebar sisi

$$F' b_1 = 250 \times 1,5 \times 0,408 \times 0,433 = 66,25 \text{ N/mm}^2$$

d. Faktor dinamis roda gigi

$$f_v = \frac{3}{3 + v} = \frac{3}{3 + 3,925} = \frac{3}{6,925} = 0,433$$

e. Beban permukaan yang diijinkan persatuan lebar gigi

$$F'H = f_v \times k_H \times d_1 \times \left(\frac{2 \times z_2}{z_1 + z_2} \right)$$

$$F'H = 0,433 \times 0,2646 \times 75 \times \left(\frac{2 \times 50}{27 + 50} \right)$$

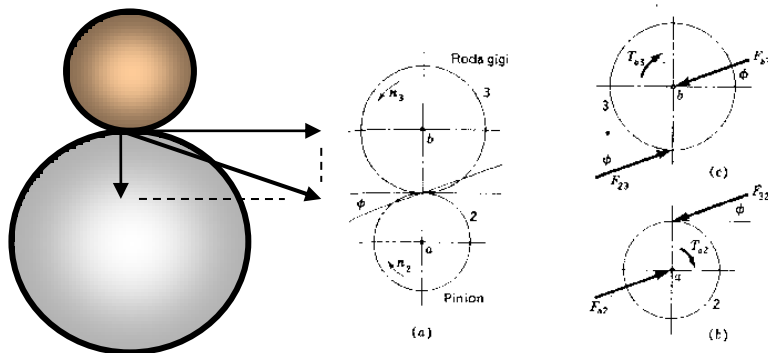
$$F'H = 0,433 \times 0,2646 \times 75 \times \left(\frac{100}{77} \right)$$

$$F'H = 0,433 \times 0,2646 \times 75 \times 1,30$$

$$F'H = 11,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

f. Kecepatan Linear Roda Gigi

Kecepatan keliling merupakan kecepatan yang dicapai roda gigi dalam satu meter per detik. **Beban Transmisi (transmitted loaded) dan Gaya Tangensial pada Roda Gigi**



Gambar 4. 5. Arah gaya pada roda gigi

Sebelum menghitung gaya tangensial kita hitung beban transmisi yang terjadi pada roda gigi yaitu :

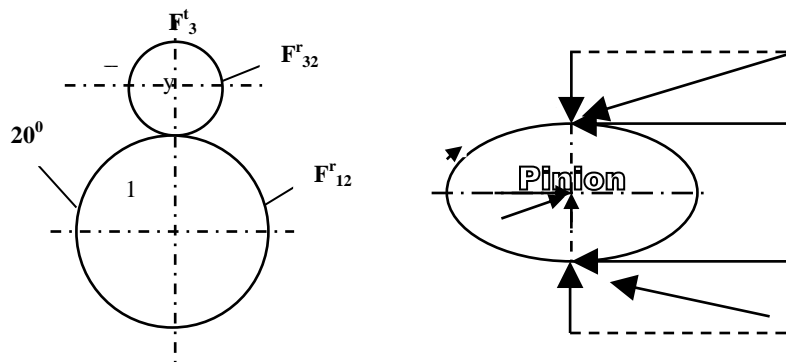
$$w_t = \frac{60 \cdot (10^2) \cdot H}{\pi \cdot d \cdot n}$$

$$w_t = \frac{60 \cdot (10^2) \cdot 2,6}{\pi \cdot d \cdot 1000}$$

$$w_t = \frac{3,14 \times 40,5 \times 1000}{156000}$$

$$w_t = \frac{156000}{127170} = 1,23 \text{ kN} \approx F_{12}^t$$

Kemudian kita dapat menghitung gaya tangensial dari roda gigi 1 terhadap roda gigi 2 dengan $F_{12}^t = 1,23 \text{ kN}$ dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4. 6. Skema arah gaya pada roda gigi

$$F_{12}^r = F_{12}^t \tan 20^\circ = 1,23 \times \tan 20^\circ = 0,44 \text{ kN}$$

$$F_{12} = \frac{F_{12}^r}{\cos 20^\circ} = \frac{0,44}{0,939} = 0,468 \text{ kN}$$

Maka dapat kita hitung gaya tangensial yang terjadi pada roda gigi 3 terhadap roda gigi 2 dimana :

$$F_{32}^t = 1,23 \text{ kN} \quad F_{32}^r = 0,44 \text{ kN} \quad F_{32} = 0,468 \text{ kN}$$

Reaksi poros terhadap sumbu x dan y yaitu :

$$F_{b2}^x = (F_{12}^t + F_{32}^r) = (1,23 + (-0,44)) = 0,79 \text{ kN}$$

$$F_{b2}^y = (F_{12}^r + F_{32}^t) = (-0,44 + (-1,23)) = 1,67 \text{ kN}$$

❖ Reaksi tumpuan pada poros :

$$F_{b2} = \sqrt{(F_{b2}^x)^2 + (F_{b2}^y)^2}$$

$$F_{b2} = \sqrt{(0,79)^2 + (1,67)^2} = \sqrt{3,413} = 1,85 \text{ kN}$$

Untuk menyempurnakan proses perancangan pembuatan roda gigi lurus, maka setelah semua komponen di buat maka dilakukan perhitungan. Adapun data pada roda pasangannya yaitu Z_2 50 dan data serta hasil perhitungannya untuk Z_1 27 sebagai berikut :

Tabel 4. 1. Perencanaan roda gigi lurus Z_1 27

| No | Nama | Simbol | Perhitungan (Rumus) | Hasil (mm) |
|-----|---|--------|--|------------|
| 1. | Modul | m | | 1,5 |
| 2. | Jumlah Gigi | Z_1 | | 27 |
| 3. | Diameter Lingkaran tusuk atau lingkaran bagi atau <i>pitch circle</i> | d_1 | $d_1 = Z_1 \times m = 27 \times 1,5$ $= 40,5$ | 40,5 |
| 4. | Diameter Lingkaran kepala atau <i>addendum circle</i> | d_k | $d_k = (Z_1 + 2) \times m$ $d_k = (27 + 2) \times 1,5$ $= 43,5$ | 43,5 |
| 5. | Diameter Lingkaran kaki atau <i>dedendum circle</i> | d_f | $d_f = d_1 - 2,5 \times m$ $d_f = 40,5 - 2,5 \times 1,5$ $= 36,75$ | 36,75 |
| 6. | Tinggi Kepala Gigi | h_k | $h_k = 1 \times m = 1 \times 1,5 =$ 1,5 | 1,5 |
| 7. | Diamater lingkaran dasar atau <i>base circle</i> | db | $db = d_1 \times \cos \emptyset$ $db = 40,5 \times \cos 20^0$ | 38,058 |
| 8. | Kelonggaran atau <i>clearance</i> | Cl | $Cl = 0,57 \times m$ $0,57 \times 1,5$ | 0,2355 |
| 9. | Tusuk atau <i>circular pitch</i> | t | $t = m \times \pi = 1,5 \times 3,14$ | 4,71 |
| 10. | Tinggi Kaki Gigi atau <i>dedendum</i> | h_f | h_f $= 1,25 \times m$ $= 1,25 \times 1,5$ $= 1,875$ | 1,875 |
| 11. | Tinggi kepala gigi atau <i>addendum</i> | h_k | $h_k = m = 1,5$ | 1,5 |

| | | | | |
|-----|--|-----|--|-------|
| 12. | Tinggi Gigi atau <i>whole depth</i> | h | $h = h_f + h_k = 1,5 + 1,875 = 3,375$ | 3,375 |
| 13. | Tebal gigi atau <i>tooth thickness</i> | c | $\frac{t}{2} = \frac{4,71}{2} = 2,355$ | 2,355 |
| 14. | Lebar gigi atau <i>face width</i> | b | $b = 10 \times m = 8 \times 1,5 = 12$ | 12 |

Tabel 4. 2. Data pasangan roda gigi yaitu roda gigi lurus Z_2 50

| No | Nama | Simbol | Perhitungan (Rumus) | Hasil (mm) |
|-----|---|--------|---|------------|
| 1. | Modul | m | | 1,5 |
| 2. | Jumlah Gigi | Z_2 | | 50 |
| 3. | Diameter Lingkaran tusuk atau lingkaran bagi atau <i>pitch circle</i> | d_2 | $d_2 = Z_2 \times m = 50 \times 1,5 = 75$ | 75 |
| 4. | Diameter Lingkaran kepala atau <i>addendum circle</i> | d_k | $d_k = (Z_2 + 2) \times m$ $d_k = (50 + 2) \times 1,5 = 78$ | 78 |
| 5. | Diameter Lingkaran kaki atau <i>dedendum circle</i> | d_f | $d_f = d_2 - 2,5 \times m$ $d_f = 75 - 2,5 \times 1,5 = 71,25$ | 71,25 |
| 6. | Tinggi Kepala Gigi | h_k | $h_k = 1 \times m = 1 \times 1,5 = 1,5$ | 1,5 |
| 7. | Diamater lingkaran dasar atau <i>base circle</i> | db | $db = d_2 \times \cos \phi$ $db = 75 \times \cos 20^\circ = 70,74$ | 70,47 |
| 8. | Kelonggaran atau <i>clearance</i> | Cl | $Cl = 0,57 \times m$ $0,57 \times 1,5 = 0,2355$ | 0,2355 |
| 9. | Tusuk atau <i>circular pitch</i> | t | $t = m \times \pi = 1,5 \times 3,14 = 4,71$ | 4,71 |
| 10. | Tinggi Kaki Gigi atau <i>dedendum</i> | h_f | $h_f = 1,25 \times m$ $= 1,25 \times 1,5 = 1,875$ | 1,875 |
| 11. | Tinggi kepala gigi atau <i>addendum</i> | h_k | $h_k = m = 1,5$ | 1,5 |
| 12. | Tinggi Gigi atau <i>whole depth</i> | h | $h = h_f + h_k = 1,5 + 1,875 = 3,375$ | 3,375 |
| 13. | Tebal gigi atau <i>tooth thickness</i> | c | $\frac{t}{2} = \frac{4,71}{2} = 2,355$ | 2,355 |
| 14. | Lebar gigi atau <i>face width</i> | b | $b = 10 \times m = 8 \times 1,5 = 12$ | 15 |

Ratio transmisi atau *angular velocity* $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1}$

$$i = \frac{50}{27} = 1,852$$

Diketahui daya yang akan ditransmisikan $P = 2,6 \text{ kw}$

Putaran poros penggerak $n = 1000 \text{ rpm}$

Jadi jarak sumbu poros $a = \frac{d_1+d_2}{2} = \frac{40,5+75}{2} = 57,75 \text{ mm}$

Perbandingan putaran $u = \frac{1}{i} = \frac{1}{1,852} = 0,540$

Maka dapat diketahui $u < 1$ atau $i > 1$ sehingga roda gigi untuk reduksi. Jika momen puntir (disebut juga sebagai momen rencana) adalah T (kg.mm) maka

$$P_d = \frac{(T/1000)(2\pi n_1/60)}{102}$$

Sehingga

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{2,6}{1000}$$

$$T = 2532,4 \text{ kg.mm} = 24817,52 \text{ N/mm}^2$$

Bila momen rencana T (kg.mm) dibebankan pada suatu diameter poros d (mm), maka tegangan geser τ (kg/mm²) yang terjadi adalah

$$\tau = \frac{T}{\pi d^3/16} = \frac{5,1T}{d^3}$$

$$\tau = \frac{5,1 \times 24817,52}{16^3}$$

$$\tau = \frac{126569,352}{4096}$$

$$\tau = 30,9 \text{ N/mm}^2$$

Bahan roda gigi St 42 :

1. Kekuatan tarik (σ_B) = $411,6 \text{ N/mm}^2$
2. Kekerasan Brinell (H_B) = $120 H_B$
3. Tegangan lentur yang diizinkan (σ_a) = 250 N/mm^2

Bahan roda gigi besar St 42 :

1. Kekuatan tarik (σ_B) = $411,6 \text{ N/mm}^2$
2. Kekerasan Brinell (H_B) = $120 H_B$
3. Tegangan lentur yang diizinkan (σ_a) = 250 N/mm^2

C. Menentukan perhitungan kepala pembagi

Roda gigi dapat dikerjakan menurut metode pembagian atau metode dengan bantuan kepala pembagi, roda gigi menurut metode pembagian dapat di buat menggunakan mesin frais yaitu mesin frais universal. Cara pembagian roda gigi lurus ada dua cara yaitu pembagian langsung dan tidak langsung. Berikut ini adalah pembagian roda gigi tidak langsung yaitu: Menentukan putaran engkol untuk $Z_1 = 27$ adalah :

$$N = \frac{40}{Z_1} = \frac{40}{27} = 1 \frac{13}{27} \quad N = 1 \frac{13}{27} \text{ putaran}$$

Piring pembagi yang digunakan adalah piring pembagi seri B-2 yaitu dengan jumlah lubang 21-23-27-29-31-33. Jadi engkol diputar 1 putaran penuh ditambah 13 lubang pada piringan pembagi yang mempunyai jumlah lubang 27. Menentukan putaran engkol untuk $Z_2 = 50$ adalah :

$$N = \frac{40}{Z_2} = \frac{40:10}{50:10} = \frac{4 \times 6}{5 \times 6} = \frac{24}{30} \text{ putaran}$$

Piring pembagi yang digunakan adalah piring pembagi seri A-1 yaitu dengan jumlah lubang 30-41-43-48-51-57. Jadi engkol diputar 24 lubang pada piringan pembagi yang mempunyai jumlah lubang 30.

5.1. KESIMPULAN

Dari hasil yang telah didapatkan dalam proses pembuatan dan perhitungan roda gigi lurus transportir untuk transmisi ulir pada mesin bubut, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan dalam pembuatan roda gigi lurus adalah *St 42* dengan ukuran sebelum diproses pemesinan $\varnothing 45 \times 20$ mm untuk $Z 27$ dan untuk $Z 50$ adalah $\varnothing 80 \times 24$ mm.
2. Alat dan mesin yang digunakan dalam proses pembuatan roda gigi lurus yaitu menggunakan mesin gergaji *great captain*, mesin bubut, pahat HSS, senter lepas, bor senter, cekam raham 3, kunci chuck mesin bubut, *coolent*, mesin frais horisontal, kepala pembagi, pisau frais roda gigi M 1.5, cekam raham 3, Senter tetap, dudukan pisau, mandrel, kikir segitiga, mata bor $\varnothing 8$, $\varnothing 12.5$ mm, $\varnothing 16$ mm, $\varnothing 18$ mm, $\varnothing 21$ mm, jangka sorong, mistar baja, ragam meja.
3. Proses pemesinan pembuatan komponen roda gigi sesuai dengan langkah kerja, yaitu proses pembuatan roda gigi lurus ($Z 27$ dan $Z 50$) pengerjaan awal digunakan mesin bubut dan untuk pembuatan gigi-gigi digunakan mesin frais universal dan digunakan kepala pembagi untuk mengatur jarak antara gigi dengan teliti. Dalam pengefraisan roda gigi lurus digunakan pisau frais modul (m) 1.5 dengan jumlah roda gigi lurusnya $Z 27$ dan $Z 50$.
4. Roda gigi lurus yang dibuat menggunakan mesin frais dengan bantuan kepala pembagi (*dividing head*) yaitu dengan pembagian tidak langsung untuk $Z 27$ yaitu $N = 1 \frac{13}{27}$ putaran dan $Z 50$ adalah $N = \frac{24}{30}$ putaran.

5. Piring pembagi yang digunakan adalah piring pembagi seri B-2 yaitu dengan jumlah lubang 21-23-27-29-31-33.
6. Jarak kedua porosnya adalah 57,75 mm, sudut tekan 20° , ratio transmisi atau *angular velocity* (i) = 1,852, perbandingan putaran (u) = 0,540, roda gigi ini adalah roda gigi reduksi $u < 1$ dan $i > 1$.
7. Roda gigi Z 27 kecepatan linearnya (v) = 2,1195 m/s, gaya tangensial $F_t = 1226,176 N$, beban lentur yang diijinkan $F'b_1 = 36,1 N/mm^2$, faktor dinamis $f_v = 0,586$, beban permukaan $F'H = 8,2 N/mm^2$ dan Kekuatan tarik (σ_B) = $411,6 \frac{N}{mm^2}$, tegangan lentur yang diizinkan (σ_a) = $117,6 N/mm^2$ dan faktor bentuk gigi adalah Y 0,349.
8. Roda gigi Z 50 kecepatan linearnya (v) = 3,925 m/s, gaya tangensial $F_t = 662,1 N$, beban lentur yang diijinkan $F'b_1 = 3,2 N/mm^2$, faktor dinamis $f_v = 0,433$, beban permukaan $F'H = 11,2 N/mm^2$. Kekuatan tarik (σ_B) = $411,6 \frac{N}{mm^2}$, tegangan lentur yang diizinkan (σ_a) = $117,6 N/mm^2$ dan faktor bentuk gigi adalah Y 0,408.
9. Momen puntir yang terjadi pada roda gigi Z 27 dan Z 50 adalah $T = 24817,52 N.mm$
10. Tegangan geser yang terjadi antara roda gigi Z 27 dan Z 50 adalah $\tau = 30,9 N/mm^2$.
11. Roda gigi ini konstruksinya lebih ringkas, perawatan lebih mudah dan proses pemesinannya juga lebih mudah.

5.2.SARAN

1. Hendaknya dibuat perencanaan langkah kerja terlebih dahulu sehingga dalam proses pembuatannya dapat diminimalisir kesalahan yang mungkin dapat terjadi.
2. Mengingat pentingnya alat ini bagi dunia industri, maka perlu dikembangkan lagi sehingga lebih sempurna lagi fungsinya.

DAFTAR REFERENSI

- Amstead, B.H dkk. (1979). *Teknologi Mekanik Jilid 1* (Sriati Djaprie. Terjemahan). Jakarta : Erlangga.
- Ir. Sularso, MSME.(1997). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta P.T. Pradnya Paramita
- Achamd Zainun, Msc,Ir. (1999). *Elemen Mesin 1*. Bandung : PT Refika Aditama.
- Solih Royana. (2000). *Pekerjaan Pemesinan*. Bandung : CV. Armico.
- Terheijden, C.V. dan Harun. (1981). *Alat-Alat Perkakas 3*. Bandung : Bina Cipta.
- Sighley, J.E. & Mischlee C.R. (1989). *Mechanical Engineering Design*. Fifth edition. Mc. Grw Hill Book Company : New York.
- Herman R & Wilhelm M. (1976). *Maschim Elemente*. Vieweg Facbucher der Technik. Printed in Germany.
- Moyun Marbun, BE. (1983). *Menggambar Teknik*. Bandung : M2S.

